

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

1/1



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 05090268

(43)Date of publication of application: 09.04.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/3205

H01L 21/66

(21)Application number: 04075183

(71)Applicant:

NEC CORP

(22)Date of filing: 26.02.1992

(72)Inventor:

MITSUZUKA TSUTOMU

KAMIJO ATSUSHI

(30)Priority

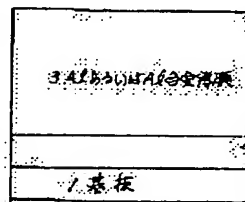
Priority number: 03201299 Priority date: 16.07.1991 Priority country: JP

(54) THIN FILM WIRING AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable wiring such as an SAW filter in an ultra-thin film region to be lessened in specific resistivity by enhancing an Al or an Al alloy film in crystallinity or to realize thin film wiring high in resistance to migration in wiring such as an LSI thicker than 5000&angst;.

CONSTITUTION: Al or Al intermetallic compound or intermediate phase or alloy with Ti, V, Fe, Co, Ni, Cu, Y, or the like is deposited as thick as 1-500&angst; on a substrate 1 through alloying reaction to serve as a base layer 2, an Al or an Al alloy thin film 3 is deposited thereon, and then an annealing operation is carried out for the formation of thin film wiring. Therefore, an Al or Al alloy wiring is much more enhanced in crystallinity than that directly deposited on the substrate 1, so that an Al or Al alloy thin film wiring low in resistivity and high in resistance to migration can be obtained.



2: Al-Fe合金薄膜  
3: Al-Fe合金薄膜

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-90268

(43)公開日 平成5年(1993)4月9日

| (51)Int. Cl. <sup>3</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号                          | F I            | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|---------------------------------|----------------|--------|
| H 0 1 L 21/3205<br>21/56  |      | S 8406-4M<br>7353-4M<br>7353-4M | H 0 1 L 21/ 88 | N<br>R |

存在請求 未請求 請求項の数7(全 13 頁)

|             |                 |         |  |
|-------------|-----------------|---------|--|
| (21)出願番号    | 特願平4-75183      | (71)出願人 | 000004237<br>日本電気株式会社<br>東京都港区芝五丁目7番1号 |
| (22)出願日     | 平成4年(1992)2月26日 | (72)発明者 | 三塚 勉<br>東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内        |
| (31)優先権主張番号 | 特願平3-201299     | (72)発明者 | 上塚 敦<br>東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内        |
| (32)優先日     | 平3(1991)7月16日   | (74)代理人 | 弁理士 菅野 中                               |
| (33)優先権主張国  | 日本(J P)         |         |  |

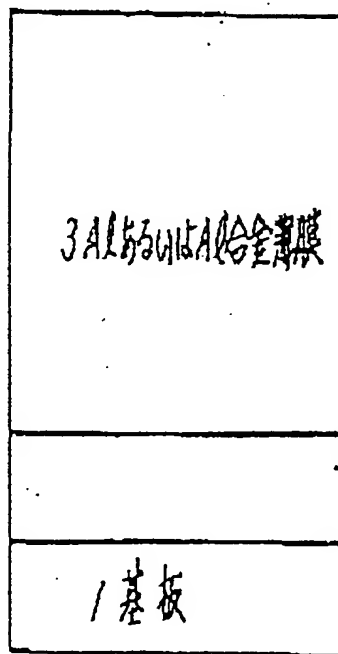
(54)【発明の名称】 厚膜配線およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 基板上のAlないしAl合金膜の結晶性を高めてSAWフィルタのような超薄膜配線における配線の比抵抗を下げ、また、LSIのような5000Å以上の膜厚を有する配線にあっては、マイグレーション耐性の高い薄膜配線を実現する。

【構成】 基板1上に1Å~500ÅのTi, V, Fe, Co, Ni, Cu, Y等の合金化反応によりAlと金属間化合物ないし中間相を生成しうる金属のいずれか、ないしこれらの金属を構成要素とする合金を堆積させるか、あるいはAlないしAl合金をこれと同時に堆積させてこれを下地層2とし、その上にAlないしAl合金薄膜3を堆積させ、その後アニールを行い、薄膜配線とする。

【効果】 基板上に直接堆積させたときよりもAlないしAl合金系配線の結晶性が著しく改善され、比抵抗が低くマイグレーション耐性の高いAlないしAl合金薄膜配線を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下地層と、薄膜とを有する薄膜配線であって、

下地層は、膜厚1 Å～500 Åの金属薄膜であり、薄膜は、下地層上に形成されたアルミニウム（Al）あるいはAl合金薄膜であることを特徴とする薄膜配線。

【請求項2】 前記下地層は、該下地層を形成する金属が、合金化反応によりAlと金属間化合物あるいは中間相を生成しうる金属であるか、または、Alと金属間化合物あるいは中間相を生成しうる金属を構成元素とする合金であることを特徴とする請求項1に記載の薄膜配線。

【請求項3】 前記下地層は、少なくとも上部Al層との境界に金属間化合物あるいは中間相を含むものであることを特徴とする請求項1に記載の薄膜配線。

【請求項4】 下地層は、上部Al層との境界に金属間化合物あるいは中間相を含まないものであることを特徴とする請求項1に記載の薄膜配線。

【請求項5】 基板上に金属を堆積させ、その上にAlないしAl合金を堆積し、AlあるいはAl合金薄膜の下に金属下地層を形成することを特徴とする薄膜配線の製造方法。

【請求項6】 基板上に金属とAlあるいはAl合金を同時に堆積し、その上にAlないしAl合金を堆積し、AlあるいはAl合金薄膜の下に金属下地層を形成することを特徴とする薄膜配線の製造方法。

【請求項7】 請求項5又は6において、二層膜を作製後、アニールすることを特徴とする薄膜配線の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、薄膜配線およびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 表面弾性波（SAW）デバイスやLSI等に用いられる金属配線は、エレクトロマイグレーションやストレスマイグレーション耐性を高めるために、アルミニウム（Al）にシリコン（Si）や銅（Cu）を微量添加したり、特にLSIの配線にあたっては、1000 Å程度の厚さをもつ窒化チタン（TiN）あるいはタングステン（W）などの高融点金属を下地層とした2層構造を用いている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 高周波帯域のSAWデバイスに用いられる配線の膜厚は、LSIのそれに比べると非常に薄くする必要があり、例えばGHz帯では500 Å以下となっている。水晶などのSAWフィルター用の基板上に直接AlあるいはAl合金をつけた場合、その膜厚が減少するにしがたい、膜の抵抗が極端に増大してしまう。これは膜の成長初期段階では、Alが島状

に成長してしまい、膜厚が薄いときにはこの島を核とした結晶粒の成長が不十分であることに由来している。

【0004】 一方、LSIの配線においては、信頼性を高めるために、AlにSiやCuを微量添加したAl系合金を用いるとともに、下地層として1000 Å程度のTiNなどの高融点金属を用いているが、このような積層構造にしてもエレクトロマイグレーションなどに対する信頼性は十分とはいえない（例えば、プロシーディング オブ 第28回 リライアビリティ フィジックス シンポジウム 25頁 1990）。

【0005】 一方、Alは（111）配向性の高い膜ほどマイグレーション耐性が高いことがすでに知られている（例えば、シン ソリッド フィルムズ 第75巻 253頁 1981）。しかし、従来の技術ではAlの（111）高配向化は十分ではない（例えば、アプライド フィジックス レターズ 第54巻 2443頁 1989）。

【0006】 本発明の目的は、SAWフィルターのような膜厚が数100 Å程度の超薄膜領域においても比抵抗が低く、かつLSIのような5000 Å以上の膜厚を有する配線にあたっては、マイグレーション耐性の高いAl配線およびその製造方法を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明による薄膜配線においては、下地層と、薄膜とを有する薄膜配線であって、下地層は、膜厚1 Å～500 Åの金属薄膜であり、薄膜は、下地層上に形成されたアルミニウム（Al）あるいはAl合金薄膜である。

【0008】 また、前記下地層は、該下地層を形成する金属が、合金化反応によりAlと金属間化合物あるいは中間相を生成しうる金属であるか、または、Alと金属間化合物あるいは中間相を生成しうる金属を構成元素とする合金である。

【0009】 また、前記下地層は、少なくとも上部Al層との境界に金属間化合物あるいは中間相を含むものである。

【0010】 また、下地層は、上部Al層との境界に金属間化合物あるいは中間相を含まないものである。

【0011】 また、本発明による薄膜配線の製造方法においては、基板上に金属を堆積させ、その上にAlないしAl合金を堆積し、AlあるいはAl合金薄膜の下に金属下地層を形成するものである。

【0012】 また、本発明による薄膜配線の製造方法においては、基板上に金属とAlあるいはAl合金を同時に堆積し、その上にAlないしAl合金を堆積し、AlあるいはAl合金薄膜の下に金属下地層を形成するものである。

【0013】 また、本発明による薄膜配線の製造方法においては、二層膜を作製後、アニールするものである。

## 【0014】

【作用】Alと金属間化合物ないし中間相を生成するときの生成熱が正であることを満たす金属を1~500Åの膜厚で下地層として堆積した後、この下地層上にAlないしAl合金薄膜を堆積すると、AlないしAl合金薄膜は(111)配向性が極端に強くなる。これはAlと反応性の高い金属が下地にあると、成長初期にAlがAl同士で結合して島状成長をするよりも平に成長したほうがエネルギーの点で有利になるためである。平に成長するAlはAlの表面エネルギーの最も小さくなるAl(111)が配向した一軸配向膜となる。この成長様式は例えばAlの膜厚が大きくなっても変わらない。

【0015】このとき、下地金属膜と上部のAl層とが界面で金属間化合物ないし中間相を作る場合もあるが、作らない場合もある。どちらの場合でもAlは(111)配向となる。また、上に述べたようなAlの成長は、まずはじめに、Alと金属間化合物ないし中間相を生成するときの生成熱が正であることを満たす金属とAlとを同時に堆積し、これを下地層とした後に、Alを堆積した場合でも同様である。

【0016】Alの膜厚が薄い領域であっても島状成長が起こらないので、高周波帯用のSAWフィルターに要求されるような超薄膜の配線においてさえ、配線の抵抗値が大きくなるということはない。またAl(111)の配向性が極めて強いため、マイグレーション耐性が向上する。

【0017】下地金属が1Å未満では、下地金属が基板面を完全に覆うことができないので、Alの島状成長を引き起こし、(111)の配向性が低下してしまう。また、その膜厚が500Åを越えると下地層の表面に凹凸が現れてその上のAl(111)の配向性は、やはり低下する。つまり下地層の膜厚が1Å以上500Å以下でなければこの効果は現れない。

【0018】また、上記の生成熱が負の金属あるいは該金属とAlとからなる合金を下地層とした場合には、Alとの反応性が低いためAlの島状成長を引き起こし、上述したような下地層の効果は現れない。

【0019】なお、この(111)の配向した二層膜をアニールすることにより、Al層内の格子欠陥を減少させ、表面の平坦性を増し、配向性をさらに高めることができる。その結果、アニール以前よりも抵抗値が低く、また、マイグレーション耐性をさらに向上させることができる。

【0020】

【実施例】以下に本発明について実施例により説明する。

【0021】図1および図2は、本発明による薄膜配線の断面模式図である。図1では、基板1上にチタン(Ti)、クロム(Cr)、バナジウム(V)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)

し中間相を形成する際の生成熱が正である金属ないし該金属を構成要素とする合金が下地層2として堆積され、この下地層2上に、(111)配向を有するAlあるいはシリコン(Si)、銅(Cu)などを微量添加したAl合金薄膜3が堆積されている。

【0022】図2では、Alと金属M(Alと金属間化合物を生成する際の生成熱が正である金属ないし該金属を構成要素とする合金)からなる合金で、その生成熱が正である金属間化合物または中間相の下地層2'が堆積され、この下地層2'上に、(111)配向を有するAlあるいはSi、Cuなどを微量添加したAl合金薄膜3が堆積されている。

【0023】まず、二元イオンビームスパッタ装置を用いて行った実施例について説明する。イオンビームスパッタ装置は、2つのイオンビームソース、基板、AlあるいはAl合金のターゲットならびに下地層に用いる金属(本実施例ではチタン)のターゲット、2つのターゲットから飛び出したスパッタ粒子束の開閉を行うためのシャッター、膜厚をモニターするための水晶振動子膜厚計、基板上に作製した膜の表面構造評価を行うための反射高速電子線回折用の電子銃および蛍光スクリーンより構成されている。

【0024】ゲートバルブを通してクライオポンプにより真空排気される。スパッタガスとしては、アルゴンガスをを用いた。1×10<sup>-7</sup>Torrまで排気した後、アルゴン圧2×10<sup>-4</sup>Torrとしてスパッタを行った。

【0025】膜厚が10Åのチタン(Ti)を下地層として、この下地上にAl-0.5wt.%Cu合金を150Å堆積した場合と、単にAl合金膜を150Å直接堆積させた場合とで、反射高速電子線回折(RHEED)とAl(111)のX線回折(XRD)を行った。

【0026】試料は、室温の水晶基板上に作製した。チタン下地層を入れないAl合金膜は多結晶であるのに対し、チタン下地層を入れた場合には、Alの[111]結晶軸が水晶基板上に垂直にそろった(111)配向となっていることがRHEEDにより確かめられた。

【0027】Al(111)のX線回折強度の比較を図3に示す。図3からわかるようにチタン下地上のAl合金薄膜の配向度は、チタン下地がない場合に比べ極端に向上する。オージェ電子分光により膜の組成分析を行ったところ、下地層に相当した部分は、AlとTiが完全に反応し、金属間化合物AlTiが形成されていること、またこの金属間化合物層上のAl合金膜にはTiの拡散は認められなかったことが確認された。

【0028】Alと反応性の高い金属が下地にあると、成長初期にAlがAl同士で結合して島状成長をするよりも平に成長したほうがエネルギーの点で有利になるため、150Åというような超薄膜領域においてさえ島状成長することではなく、Alの最稠密面である(111)

べ、Ti下地層を有するAl膜では膜の比抵抗は小さくなる。例えば、水晶基板上にTi下地層を入れずに作製した150ÅのAl膜では比抵抗が $4.5\mu\Omega\cdot\text{cm}$ だったのに対し、10ÅのTi下地層を入れた同じ膜厚のAl膜では比抵抗は $3.8\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であった。

【0029】次に二層膜のアニールによる効果を調べるため、上で作製したAl-0.5wt.%Cu(150Å)/Ti(10Å)という構造の膜を $1\times 10^{-7}\text{Torr}$ の真空中に200℃で一時間アニールを行った。アニール前後のAl(111)のX線回折強度の比較を図4に示す。この図からわかるようにチタン下地上のAl合金膜の配向度は、アニールにより明らかに向上する。また、比抵抗も二層膜のアニール前が $3.8\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であったのに対し、アニール後は $3.2\mu\Omega\cdot\text{cm}$ と低下した。

【0030】さらにアニール時間と温度について詳しく調査した。前述の水晶基板上に作製したAl-0.5wt.%Cu(150Å)/Ti(10Å)について、まずAr雰囲気中でアニール温度200℃で5分から2時間までアニール時間を変えて比抵抗の変化を見た。結果を図5に示す。10分以上のアニール時間で抵抗値は下がり、一定値となる。また、次にアニール時間を1時間とし、アニール温度を50℃から500℃まで変えてアニール前後の比抵抗を調べた。結果を図6に示す。

【0031】アニール温度100℃以上で抵抗値が下がる。次にTiの厚さを変えAl-0.5wt.%Cu(150Å)/Ti(100Å)について、同様の実験を行った。この結果を図7に示す。この場合は、アニール温度を450℃以上とすると下地のTi層が上のAl

合金装置と拡散を起こし、比抵抗が上がってしまうことがわかる。

【0032】次にTi下地層の膜厚を変えた場合の効果を調べるために、Tiの膜厚を0.5~1000Åの範囲で変え、この下地上に膜厚が300ÅのAl-0.5wt.%Cu膜を堆積させた場合の膜比抵抗、および、300Å、1μmのAl-0.5wt.%Cu膜のAl(111)ピークのロッギングカーブの半値幅( $\Delta\theta$ )を調べてエレクトロマイグレーション試験を行った。

【0033】さらに、Ti下地層の膜厚を変えた場合のアニールの効果を調べるために、上記試料のそれぞれについてアニール前後でどのような変化が起こるか実験を行った。これらの結果をそれぞれ図8、図9、表1に示す。

【0034】基板としては、熱酸化膜をつけたシリコン(100)を用い、基板温度は100℃とした。なお比較例としてTi下地層をつけない場合についても調べた。アニール温度は250℃、アニール時間は2時間とした。

【0035】またエレクトロマイグレーション試験は、電流の流れる部分の全長が2cm、ライン幅が1.0μm、ライン間の間隔が2.0μmであるようなテストパターンを用いて行った。温度250℃、電流密度 $2.0\times 10^6\text{A}/\text{cm}^2$ という条件でそれぞれ100個の試料で試験を行い、試料の50%が断線するまでにどれだけの時間がかかったかを調べた。

【0036】

【表1】

| Ti層<br>膜厚(Å) | Al-0.5%Cu膜厚(Å) |       |       |       |
|--------------|----------------|-------|-------|-------|
|              | 300Å           |       | 1μm   |       |
|              | アニール前          | アニール後 | アニール前 | アニール後 |

|      |      |      |     |      |
|------|------|------|-----|------|
| 0    | 1. 5 | 1. 5 | 50  | 50   |
| 0. 5 | 1. 5 | 1. 5 | 50  | 50   |
| 1    | 30   | 60   | 200 | 400  |
| 5    | 80   | 170  | 350 | 800  |
| 10   | 100  | 210  | 400 | 850  |
| 20   | 100  | 220  | 500 | 1000 |
| 50   | 100  | 220  | 500 | 1000 |
| 100  | 95   | 200  | 400 | 850  |
| 200  | 85   | 190  | 380 | 800  |
| 500  | 80   | 180  | 360 | 780  |
| 700  | 1. 4 | 1. 4 | 50  | 50   |
| 1000 | 1. 4 | 1. 4 | 48  | 48   |

(単位: 時間)

【0037】以上の結果から、チタン下地層の膜厚が1 Å～500 Åの範囲にあるとき、300 Åの膜の比抵抗が極端に低くなること、また、一般に膜が厚いほどAl(111)の配向性は高くエレクトロマイグレーション耐性は大きくなるのだが、チタン下地層の膜厚が1 Å～500 Åの範囲にあるとき、300 Åの場合でも1 μmの場合でも下地層がなかったときに比べてAl(111)の配向性が極めて高く、かつ、エレクトロマイグレーション耐性が極端に大きくなることがわかる。

【0038】また、チタン下地層の膜厚が1 Å～500 Åの範囲にあるとき、アニールによる低抵抗化ならびに信頼性の向上が顕著に現れることがわかった。

【0039】また、チタン下地層の膜厚が1 Å～500 Åの範囲にあるとき、Al合金層が300 Åの場合でも1 μmの場合でもアニールをしなかったときに比べてAl(111)の配向性が極めて高く、エレクトロマイグレーション耐性が極端に大きくなることがわかった。

【0040】上に述べた実施例では、下地に用いたチタンとAlとが反応し、安定なAlTiの組成比で表される金属間化合物ができ、その上に堆積したAlあるいはAl合金薄膜が平に成長し、その上に配向性が高い膜ができていることがわかった。そこで、Alと反応を起こして金属間化合物または中間相を作る金属およびそれらを構成要素とする合金を下地とした場合の効果を調べた。

【0041】本実施例では、下地金属をいろいろ変える必要があるため、少量のインゴットで膜形成が行える真空蒸着装置を用いた。本実施例に用いた真空蒸着装置

は、Al(あるいはAl合金)ならびに下地層に用いる金属を充填した電子ビーム蒸着源、2つの蒸着源からの分子線束の開閉を行うためのシャッター、膜厚をモニターするための水晶振動子膜厚計、基板上に作製した膜の表面構造評価を行うための反射高速電子線回折用の電子銃および蛍光スクリーンより構成されている。

【0042】ゲートバルブを通してターボ分子ポンプにより真空排気し、 $1 \times 10^{-7}$  Torrまで真空排気した後、蒸着を行った。蒸着時の真空度は $1 \sim 8 \times 10^{-6}$  Torrであった。

【0043】バナジウム(V)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、イットリウム(Y)、クロム(Cr)、亜鉛(Zn)の8種の金属およびFe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>(Fe20%、Ni80%合金)、Ti<sub>50</sub>V<sub>50</sub>、Co<sub>90</sub>Ni<sub>10</sub>の3種の合金を膜厚10 ÅでLinbO<sub>3</sub>基板上に、基板温度室温で蒸着し、この下地層上にAlを300 Å堆積した。

【0044】このときの膜の比抵抗、Al(111)のロッキングカーブの半直幅( $\Delta\theta$ )、エレクトロマイグレーション耐性(上述した50%のサンプルが断線に至るまでの時間)、およびオージェ電子分光により求めた下地膜の金属間化合物または中間相の組成ならびにその生成エネルギーの文献値を表2に示す。なお表2には比較のため、下地金属膜のない場合についても結果を示した。

【0045】

【表2】

|                                 | 比抵抗<br>( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ) | $\Delta\theta$<br>(deg) | エレクトロ<br>マイグレー<br>ション耐性<br>(hours) | 金属間化合物<br>ないし中<br>間相の組成 | 金属間化合物な<br>いし中間相の生<br>成エネルギー<br>( $\text{kg}\cdot\text{J/g-atm}$ ) |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|--|
| Zn                              | 4.0                                  | 4.0                     | 1.5                                | —                       | —  |
| V                               | 3.5                                  | 2.3                     | 110                                | Al, V                   | 27.6 (1)   |
| Fe                              | 3.5                                  | 2.2                     | 100                                | AlFe                    | 28.3 (1)   |
| Co                              | 3.4                                  | 2.1                     | 100                                | AlCo                    | 55.2 (1)   |
| Ni                              | 3.6                                  | 2.2                     | 120                                | AlNi                    | 59.2 (1)   |
| Cu                              | 3.5                                  | 2.1                     | 150                                | —                       | 20.0 (1)   |
| Y                               | 3.4                                  | 2.3                     | 100                                | Al, Y                   | 190.7 (2)  |
| Cr                              | 3.6                                  | 2.2                     | 90                                 | —                       | 10.9 (1)   |
| Fe <sub>2</sub> Ni <sub>3</sub> | 3.5                                  | 2.2                     | 100                                | AlFe +<br>AlNi          | —  |
| Ti <sub>3</sub> V <sub>2</sub>  | 3.5                                  | 2.1                     | 110                                | Al, V +<br>AlTi         | —  |
| Co <sub>2</sub> Ni <sub>3</sub> | 3.6                                  | 2.3                     | 110                                | AlCo +<br>AlNi          | —  |
| 下地なし                            | 4.0                                  | 4.0                     | 1.5                                | —                       | —  |

(1) Smithells Metals Reference Book 6th Edition Table 8.5a, 8.5c

(2) Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Tsvetn. Metall. 1979, (5) 40

【0046】表2より明らかなように、バナジウム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、イットリウム、クロムないしこれらを構成要素とする合金は、Alとの金属間化合物または中間相が形成されときの生成熱が正である金属であり、これらの金属ないしこれらの金属を構成要素とする合金を下地とした場合、膜の比抵抗が低く、Al(111)の配向性が極めて良く、かつ、エレクトロマイグレーション耐性に優れたAl膜となることがわかる。

【0047】また、必ずしも金属間化合物ないし中間相が下地層とAl層との間にできていなければならないということではなく、Cu下地層あるいはCr下地層の場合には金属間化合物ないし中間相は生成していなかったが、生成したものと比べて同様の下地層による効果が現

れた。

【0048】これに対して亜鉛ではAlとの金属間化合物または中間相が形成されときの生成熱が正ではなく、そのためにAlはAl同士で結合したほうがエネルギーの面で有利となり、Alは成長初期に島状成長してしまう。そのため亜鉛下地の膜厚にかかわらず、チタン、コバルト、イットリウム等で見られたような比抵抗の減少、Al(111)配向性の向上、エレクトロマイグレーション耐性の向上は観察されなかった。

【0049】次にこれらの試料についてのアニールの効果を調べるため、上記試料作製後に窒素雰囲気中300℃で一時間アニールを行い、アニール前後の膜の比抵抗、Al(111)のロッキングカーブの半値幅( $\Delta\theta$ )、エレクトロマイグレーション耐性(上述した50

%のサンプルが断線に至るまでの時間)を調べた。結果を表3に記す。

【0050】

【表3】

|                                   | 比抵抗<br>( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) |        | $\Delta\theta$<br>(deg) |        | エレクトロマイ<br>グレーション<br>耐性 (hours) |        |
|-----------------------------------|--|--------|-------------------------|--------|---------------------------------|--------|
|                                   | アニール 前                                 | アニール 後 | アニール 前                  | アニール 後 | アニール 前                          | アニール 後 |
| Zn                                | 4.0                                    | 4.0    | 4.0                     | 4.0    | 1.5                             | 1.5    |
| V                                 | 3.5                                    | 3.0    | 2.3                     | 1.8    | 110                             | 200    |
| Fe                                | 3.5                                    | 2.9    | 2.2                     | 1.8    | 100                             | 190    |
| Co                                | 3.4                                    | 3.1    | 2.1                     | 1.7    | 100                             | 210    |
| Ni                                | 3.6                                    | 3.0    | 2.2                     | 1.8    | 120                             | 200    |
| Cu                                | 3.5                                    | 2.9    | 2.1                     | 1.7    | 150                             | 200    |
| Y                                 | 3.4                                    | 3.0    | 2.3                     | 1.8    | 100                             | 210    |
| Cr                                | 3.6                                    | 3.1    | 2.2                     | 1.7    | 90                              | 200    |
| Fe <sub>20</sub> Ni <sub>80</sub> | 3.5                                    | 3.0    | 2.2                     | 1.8    | 100                             | 200    |
| Ti <sub>50</sub> V <sub>50</sub>  | 3.5                                    | 2.9    | 2.1                     | 1.8    | 110                             | 210    |
| Co <sub>90</sub> Ni <sub>10</sub> | 3.6                                    | 3.0    | 2.3                     | 1.7    | 110                             | 200    |
| 下地なし                              | 4.0                                    | 4.0    | 4.0                     | 4.0    | 1.5                             | 1.5    |

【0051】以上の結果から、下地層による効果が現れる試料に限り、アニールによる比抵抗の減少、(111)配向性の向上、エレクトロマイグレーション耐性の向上という効果が現れることがわかった。

【0052】なお、それぞれの金属下地、バナジウム(V)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、イットリウム(Y)、クロム(Cr)、亜鉛(Zn)の8種の金属及びFe<sub>20</sub>Ni<sub>80</sub>(Fe20%, Ni80%合金)、Ti<sub>50</sub>V<sub>50</sub>、Co<sub>90</sub>Ni<sub>10</sub>の3種の合金について、下地層の膜厚を0.5Å~1000Åまで変えて下地膜厚依存性を調べる実験を行った。

【0053】比抵抗の減少、Al(111)配向性の向上、エレクトロマイグレーション耐性の向上という効

果、あるいはアニールによる効果が見られた下地層の膜厚の範囲は、下地層にどの金属を用いるかにはほとんどよらず、1~500Åで一定であった。ただし、CuとCrは例外的でCuについては1~30Å、Crは1~50Åの範囲で効果が現れた。また、どの膜厚においてもZnを下地にした場合には下地層による効果は現れなかった。

【0054】以上の実施例については、下地層として単体金属Mないしこれらの合金を用いたが、この金属Mないしこれらの合金とAlを同時に堆積させて下地層とした場合について以下に説明する。成膜方法として二元のマグネトロンスパッタ装置を用い、下地金属層をアルミニウムとコバルトの組成比が0:100~100:0まで変化させた実施例について述べる。



【0055】本実施例に用いたマグネトロクスパッタ装置は、それぞれ磁石上においたAl-2.0wt.%Si合金とCoのターゲット、基板、基板とターゲットの間に設けられたシャッター、膜厚をモニターするための水晶振動子膜厚計より構成されている。ゲートバルブを通してクライオポンプにより真空排気する。スパッタガスとしては、アルゴンガスを用いた。

【0056】 $1 \times 10^{-7}$ Torrまで排気した後、3~7mTorrのアルゴン圧でスパッタを行った。コバルトとアルミニウムとの組成比が原子量% (at%) で0:100~100:0となるように、2つのスパッタガンのパワーを調整し、基板温度300℃でガラス基板上に0.5~1000ÅのAl合金を形成した。その後、 $1 \times 10^{-4}$ Torrの真空中で200℃で30分間アニールを行った。

【0057】まず、コバルトとアルミニウムの比を1:1に固定し、このCo-Al合金下地の厚さを0.5~

1000Åと変化させた場合についてのAl-2.0wt.%Siの膜厚が300Åの場合の膜比抵抗、および、300Å、1μmの場合のAl(111)ピークのアニール前後のロックングカーブの半値幅( $\Delta\theta$ )とエレクトロマイグレーション試験の結果をそれぞれ図10、図11、表4に示す。

【0058】なお、比較例としてAlCo金属間化合物下地層をつけない場合についても調べた。またエレクトロマイグレーション試験は、電流の流れる部分の全長が2cm、ライン幅が1.0μm、ライン間隔が2.0μmであるようなテストパターンを用いて行った。温度250℃、電流密度 $2.0 \times 10^6$ A/cm<sup>2</sup>という条件でそれぞれ100個の試料で試験を行い、試料の50%が断線するまでにどれだけの時間がかかったかを調べた。

【0059】

【表4】

| Co-Al層<br>膜厚(Å) | Al-2.0wt.%Si膜厚(Å) |       |       |       |
|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|
|                 | 300Å              |       | 1μm   |       |
|                 | アニール前             | アニール後 | アニール前 | アニール後 |
| 0               | 1.5               | 1.5   | 50    | 50    |
| 0.5             | 1.5               | 1.5   | 50    | 50    |
| 1               | 30                | 65    | 220   | 400   |
| 5               | 80                | 170   | 350   | 800   |
| 10              | 100               | 210   | 400   | 850   |
| 20              | 100               | 210   | 500   | 900   |
| 30              | 100               | 200   | 500   | 900   |
| 50              | 100               | 200   | 500   | 850   |
| 200             | 100               | 190   | 500   | 800   |
| 500             | 90                | 160   | 450   | 770   |
| 700             | 1.5               | 1.5   | 50    | 50    |
| 1000            | 1.4               | 1.4   | 48    | 48    |

(単位:時間)

【0060】以上の結果から、CoAl金属間化合物下地層の膜厚が1Å~500Åの範囲にあるとき、300Åの膜の比抵抗が極端に低くなる。また、CoAl金属間化合物下地層の膜厚が5Å~100Åの範囲にあるとき、300Åの場合でも1μmの場合でも下地層がなかったときに比べてAl(111)の配向性が極めて高く、かつエレクトロマイグレーション耐性が極端に大きくなることからわかる。

【0061】次に、Co-Al合金下地層の厚さを20Åと固定し、コバルトとアルミニウムの比をat%で0:100~100:0と変化させて同様の実験を行っ

た結果を図12、図13、表5に示す。なお、比較例としてAl-Co合金下地層をつけない場合について調べた。またエレクトロマイグレーション試験は、電流の流れる部分の全長が2cm、ライン幅が1.0μm、ライン間隔が2.0μmであるようなテストパターンを用いて行った。温度250℃、電流密度 $2.0 \times 10^6$ A/cm<sup>2</sup>という条件でそれぞれ100個の試料で試験を行い、試料の50%が断線するまでにどれだけの時間がかかったかを調べた。

【0062】

【表5】

| Co <sub>x</sub> Al <sub>1-x</sub> 層内のCoの割合 (at%) | Al-0.5%Cu膜厚(Å) |       |       |       |
|--|----------------|-------|-------|-------|
|  | 300Å           |       | 1μm   |       |
|  | アニール前          | アニール後 | アニール前 | アニール後 |
| 0  | 1.5            | 1.5   | 50    | 50    |
| 1  | 1.5            | 1.5   | 50    | 50    |
| 2  | 90             | 200   | 450   | 800   |
| 10   | 100            | 210   | 470   | 850   |
| 20   | 100            | 210   | 480   | 900   |
| 40   | 100            | 210   | 480   | 900   |
| 60   | 100            | 220   | 490   | 900   |
| 80   | 100            | 220   | 500   | 950   |
| 100  | 100            | 220   | 500   | 1000  |

(単位: 時間)

【0063】以上の結果から、Co-Al合金下地層の膜厚が1Å~500Åの範囲にあるとき、300Åの膜の比抵抗がアニールによって低くなる。また、Co-Al下地層の膜厚が1Å~500Åの範囲にある時、300Åの場合でも1μmの場合でもアニールをじなかったときに比べてAl(111)の配向性が極めて高く、かつ、エレクトロマイグレーション耐性が極端に大きくなることがわかる。また、Co-Al合金下地層のCoの含有量はat%で2%以上あれば良い。

【0064】以上の実施例については下地層としてAl合金とCoを同時に堆積させて用いたが、Co以外のイットリウム(Y)、チタン(Ti)、バナジウム(V)、クロム(Cr)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、銀(Ag)、白金(Pt)、金(Au)ないしこれらを構成要素とする合金とAlないしAl合金を同時に堆積させて、Alの含有量が98at%以下の合金を下地層とした場合でも、全く同様の効果が見られた。

【0065】しかし、亜鉛とAlないしAl合金を同時にスパッタして下地層とした場合では比抵抗の減少、Al(111)配向性の向上などといった効果は全く見られなかった。また、上記記述した実施例では水晶、熱酸化シリコン、LiNbO<sub>3</sub>、あるいはガラス基板について記したが、LiTaO<sub>3</sub>、ZnO、Si、GaAsなど他の基板上においても同様の効果が見られた。

#### 【0066】

【発明の効果】以上実施例にて説明したように本発明によれば、AlあるいはAl合金系配線の結晶配向性が著しく改善され、電気特性およびマイグレーション耐性が大きく向上するものであり、表面弾性波デバイス、特に高周波帯域のフィルターにおいては、配線抵抗の低抵抗化、配線幅の狭小化、配線歩留りが向上する。

【0067】また、LSI等の配線としては、エレクトロマイグレーション等に対する信頼性が向上する。この効果は金属膜を堆積させた後にAlあるいはAl合金薄膜を堆積させた場合でも両者を同時に堆積させた場合でも同様に現れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による薄膜配線の模式図である。

【図2】本発明による薄膜配線の他の例を示す模式図である。

【図3】Ti下地の有無によるAl(111) X線回折強度の比較を示す図である。

【図4】アニールの有無によるAl(111) X線回折強度の比較を示す図である。

【図5】膜比抵抗のアニール時間依存性を示す図である。

【図6】膜比抵抗のアニール温度依存性(Ti下地層10Å)を示す図である。

【図7】膜比抵抗のアニール温度依存性(Ti下地層100Å)を示す図である。

【図8】膜比抵抗のアニール前後のTi下地の膜厚依存性を示す図である。

【図9】ロッキングカーブの半値幅のアニール前後のTi膜厚依存性を示す図である。

【図10】膜比抵抗のアニール前後のCoAl膜厚依存性(下地はCo:Al=1:1)を示す図である。

【図11】ロッキングカーブの半値幅のアニール前後のCoAl膜厚依存性(下地はCo:Al=1:1)を示す図である。

【図12】膜比抵抗のアニール前後のCoAl下地におけるCoの割合依存性を示す図である。

【図13】ロッキングカーブのアニール前後のCoAl下地におけるCoの割合依存性を示す図である。

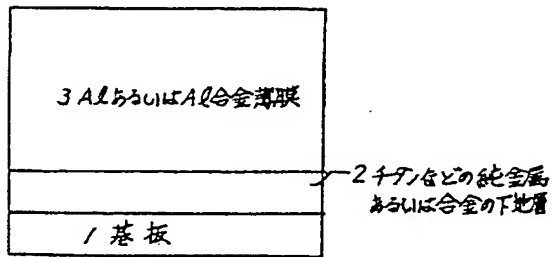
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 チタンなどの純金属あるいは合金の下地層

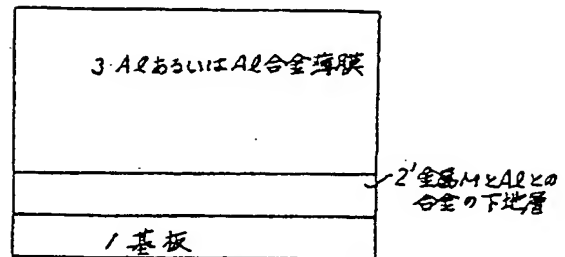
2' チタンなどの純金属あるいは合金とAlとの合金の下地層

- 3 AlまたはAl合金薄膜

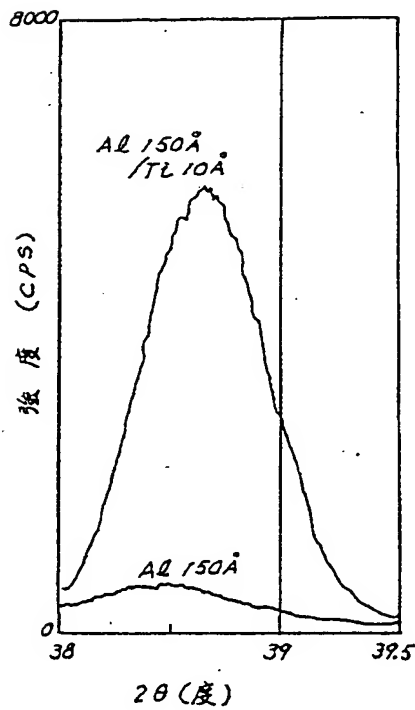
【図1】



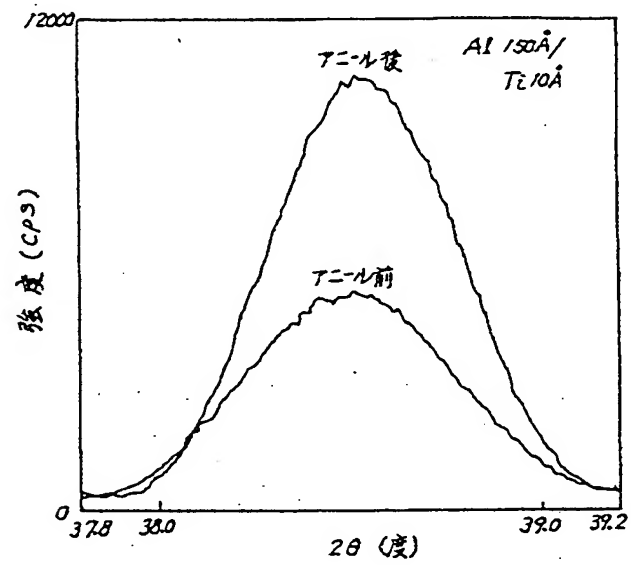
【図2】



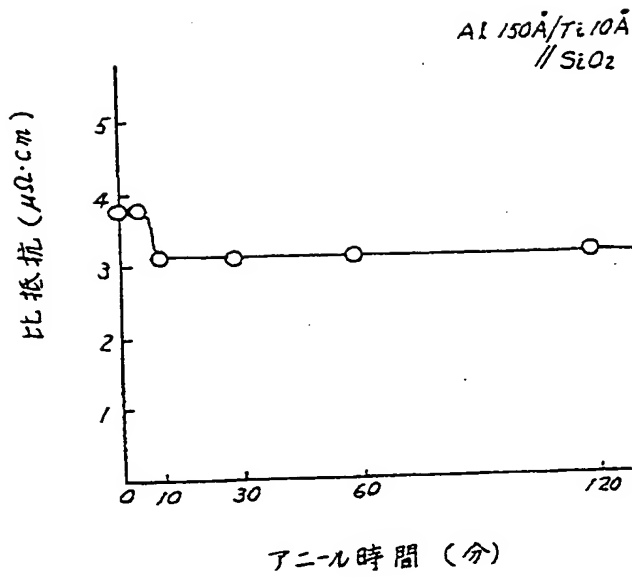
【図3】



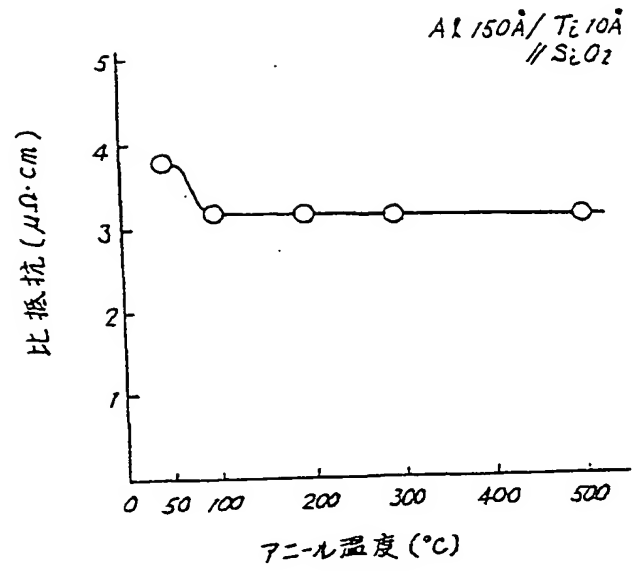
【図4】



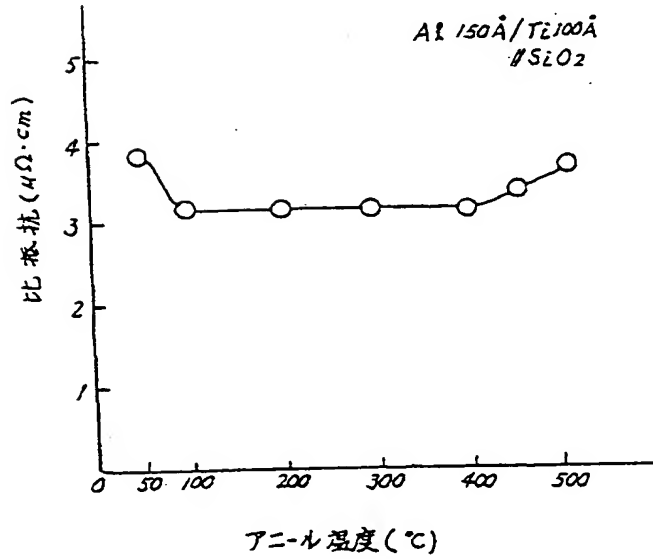
【図5】



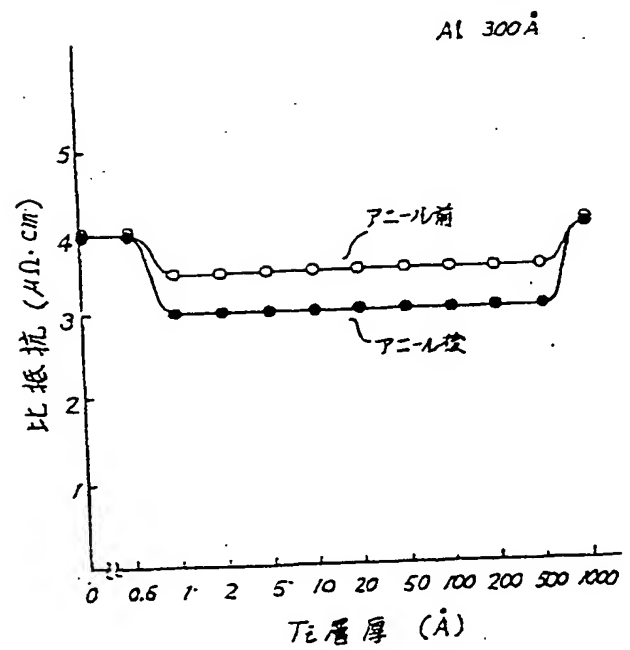
【図6】



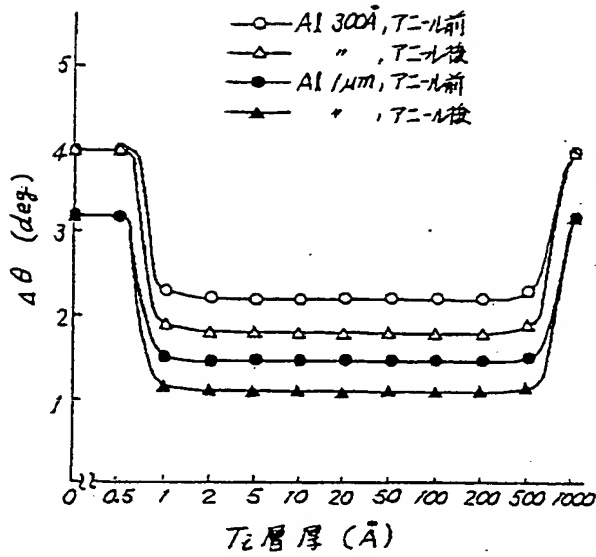
【図7】



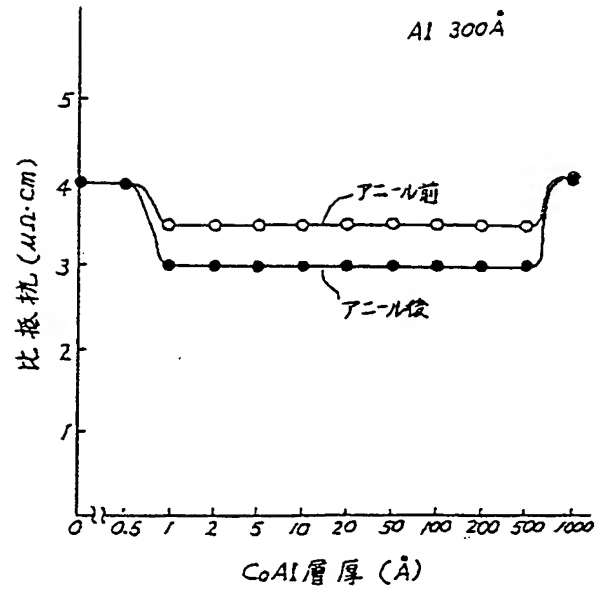
【図8】



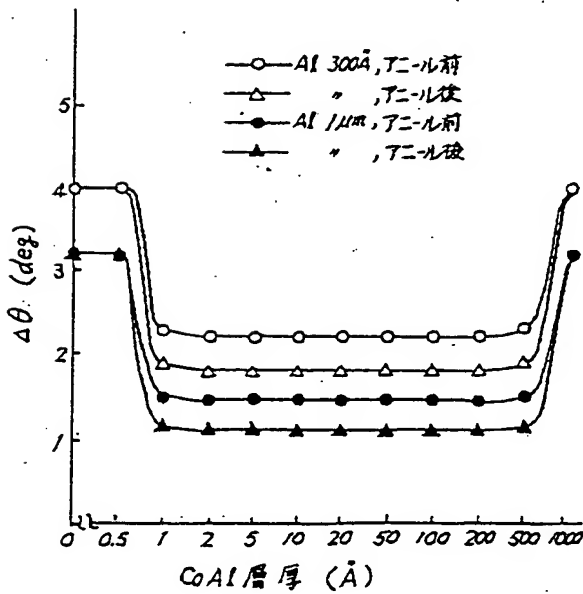
【図9】



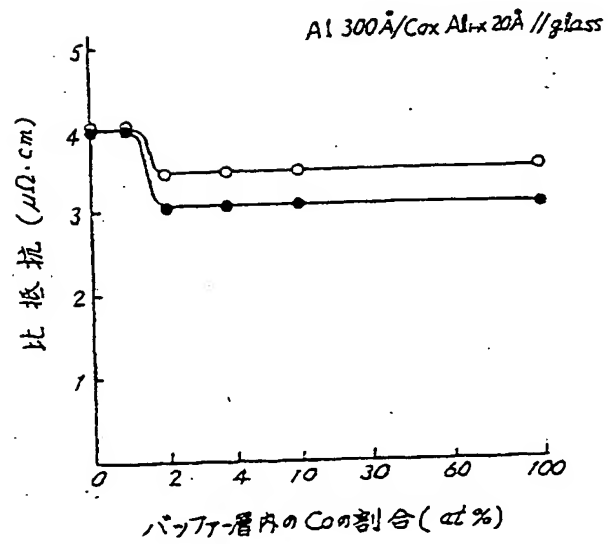
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

